



Your complimentary  
 use period has ended.  
 Thank you for using  
 PDF Complete.

Click Here to upgrade to  
 Unlimited Pages and Expanded Features

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
 Universitas Negeri Yogyakarta  
 untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Disusun Oleh:  
 Tri Wijayanti Septiariini  
 11305144012

PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
 JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA  
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
 2015

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Nilai tukar mata uang adalah nilai mata uang yang ditentukan oleh nilai tukar mata uang tersebut terhadap mata uang lain (Kasmir, 2008). Nilai tukar mempunyai implikasi yang luas, baik dalam konteks ekonomi domestik maupun internasional, mengingat hampir semua negara di dunia melakukan transaksi internasional. Sama halnya dengan harga dalam bidang ekonomi yang ditentukan oleh kesepakatan antara penjual dan pembeli, nilai tukar juga terbentuk oleh kesepakatan antara pembeli dan penjual valuta asing (valas) untuk keperluan transaksi internasional. Pasar yang memperdagangkan valas disebut pasar valas atau *foreign exchange market (forex market)* (Herman, 2006). Kegiatan forex tanpa disadari maupun sadar, sering dilaksanakan oleh semua orang di dunia, bila berpergian ke luar negeri pasti kita menukarkan mata uang dengan mata uang negara yang dituju. Contoh lain akibat dari kegiatan ekspor-impor, kebutuhan pasar serta institusi bank, pasti melakukan kegiatan tukar-menukar mata uang. Oleh karena itu suatu bangsa pasti memerlukan mata uang asing dalam transaksi internasionalnya.

Indonesia sebagai negara yang banyak mengimpor bahan baku industri mengalami dampak dari ketidakstabilan kurs ini, yang dapat dilihat dari melonjaknya biaya produksi sehingga menyebabkan harga barang-barang di Indonesia mengalami kenaikan. Mengingat besarnya dampak dari fluktuasi kurs terhadap perekonomian, dibutuhkan suatu metode yang baik untuk dapat

## APLIKASI MODEL FUZZY WAVELET UNTUK MEMPREDIKSI NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLLAR AMERIKA

Oleh:  
 Tri Wijayanti Septiariini  
 11305144012

### ABSTRAK

Nilai tukar mempunyai implikasi yang luas, baik dalam konteks ekonomi domestik maupun internasional, mengingat hampir semua negara di dunia melakukan transaksi internasional. Mata uang Dollar Amerika merupakan mata uang yang dominan (*hard currency*) terutama untuk negara berkembang seperti Indonesia. Nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat merupakan salah satu indikator penting dalam menganalisis perekonomian Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan model *fuzzy wavelet* untuk memprediksi nilai tukar IDR/USD sehingga diharapkan mempermudah pelaku pasar dalam melakukan aksi jual-beli IDR/USD dan mengetahui keakuratan model *fuzzy wavelet* dalam memprediksi nilai tukar IDR/USD.

Pemodelan *fuzzy wavelet* diawali dengan transformasi *wavelet* menggunakan *Discrete Wavelet Transform (DWT) mother haar level 7* dan hasil DWT digunakan sebagai *input fuzzy*. Selanjutnya pemilihan *input-output* berdasarkan plot ACF dan membaginya menjadi data *training* sebanyak 120 data dan data *testing* sebanyak 30 data. Terdapat 5 himpunan *fuzzy* di setiap variabel *input* dan *output*. Metode inferensi yang digunakan dalam model ini yaitu Metode Mamdani dengan menggunakan defuzzifikasi *centroid*. Selanjutnya menentukan *output* akhir dengan menghitung nilai MAPE dan MSE yang diujikan pada data *training* dan data *testing* untuk mengetahui keakuratan model.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *fuzzy wavelet* memiliki nilai MAPE sebesar 2,79% untuk data *training*, sedangkan pada data *testing* sebesar 1,82%. Model *fuzzy wavelet* merupakan model terbaik untuk meramalkan data *training*, jika dibandingkan dengan model ARIMA dan *Wavelet Double Exponential Smoothing*.

**Kata Kunci:** *fuzzy wavelet*, IDR/USD, nilai tukar, prediksi.

mengetahui fluktuasi kurs tersebut. Alasan dipilihnya Dollar AS (Amerika Serikat Serikat) atau biasa disebut USD dalam prediksi nilai tukar ini, yaitu karena USD merupakan mata uang yang dominan (*hard currency*) terutama untuk negara berkembang seperti Indonesia, sehingga bila terjadi perubahan pada Dollar AS nilai tukar Rupiah juga mengalami perubahan. Selain itu, nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat merupakan salah satu indikator penting dalam menganalisis perekonomian Indonesia, sebagai contoh kebijakan penentuan harga BBM.

Nilai tukar menjadi penting karena mempunyai dampak yang luas terhadap perekonomian nasional secara keseluruhan. Selama pemberlakuan sistem nilai tukar mengambang bebas, nilai tukar Rupiah sepenuhnya ditentukan oleh pasar sehingga kurs yang berlaku adalah benar-benar pencerminan keseimbangan antara kekuatan penawaran dan permintaan (Herman, 2006). Bank Indonesia pada waktu-waktu tertentu melakukan sterilisasi di pasar valuta asing, khususnya pada saat terjadi gejolak kurs yang berlebihan, hal ini dilakukan untuk menjaga stabilitas nilai tukar

Prediksi merupakan proses perkiraan (pengukuran) besarnya jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara ilmiah khususnya menggunakan metode statistika (Sudjana, 1996). Tujuan dilakukannya prediksi mata uang adalah untuk mengetahui kemungkinan nilai tukar mata uang di masa yang akan datang. Setelah data hasil prediksi diperoleh, pihak pihak yang berkepentingan dapat mengambil tindakan maupun upaya untuk mengurangi kerugian yang berarti. Misal, pada perusahaan



# PDF Complete

Your complimentary use period has ended.  
Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

Penelitian untuk masalah prediksi nilai tukar mata uang suatu negara telah lama dilakukan, antara lain Mark T. Leung, An-Sing Chen, dan Hazem Daouk (1999), memprediksi pergerakan GBP (Poundsterling Inggris), CAD (Dollar Canada), dan JPY (Yen Jepang) dengan metode *General Regression Neural Network* (GRNN). Stefan Mittnik dan Marc S. Paoletta (2000), memprediksi nilai tukar mata uang negara-negara di Asia Timur terhadap USD dengan metode GARCH. Joarder Kamruzzaman, Ruhul A. Sarker, dan Iftekhar Ahmad (2003), memprediksi nilai tukar enam mata uang yang berbeda terhadap Australian dollar dengan metode *Support Vector Machine* (SVM). Lean Yu, Kin Keung, dan Shouyang Wang (2005), memprediksi nilai tukar dengan model *Integrating Generalized Linear Auto-Regression* (GLAR) dan *Artificial Neural Networks* (ANN). Yulia Sukma Hardiyanti (2007), memodelkan dan memprediksi harga USD/JPY dan IDR/USD dengan metode ARCH, GARCH, dan TARCH.

Penggunaan metode yang sesuai untuk melakukan prediksi mempunyai beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu waktu, pola data, hubungan dengan data sebelumnya dan tingkat keakuratan prediksi yang dibutuhkan. Terdapat metode lain yang menggabungkan transformasi *wavelet* dan model *fuzzy* Mamdani disebut model *fuzzy wavelet*. Menurut Engin Karatepe (2005) yang mengenalkan model *fuzzy wavelet*, berdasarkan hasil simulasi model

C. Rumusan Masalah

- Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :
1. Bagaimana proses pembentukan model *fuzzy wavelet* untuk memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat?
  2. Bagaimana perbandingan tingkat akurasi model *fuzzy wavelet*, ARIMA, dan *Double Exponential Smoothing* untuk memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat?

D. Tujuan Penelitian

- Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk :
1. Menjelaskan proses pembentukan model *fuzzy wavelet* untuk memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat.
  2. Menjelaskan perbandingan tingkat akurasi model *fuzzy wavelet*, ARIMA, dan *Double Exponential Smoothing* untuk memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat.

E. Manfaat Penelitian

- Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :
1. Menambah wawasan para pembaca tentang sistem transaksi forex dan prediksi dengan model *fuzzy wavelet*.
  2. Menambah pengetahuan tentang proses memprediksi fluktuasi harga forex menggunakan model *fuzzy wavelet*.
  3. Menjadi bahan pertimbangan bagi para pengamat valuta asing dalam pengambilan keputusan yang tepat.

menunjukkan bahwa metode ini sangat efektif dalam mengidentifikasi masalah, memiliki hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi, dan memiliki struktur yang sederhana. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk menggunakan metode yang sama dengan mengaplikasikannya pada prediksi nilai tukar Rupiah terhadap USD. Selanjutnya, metode ini akan dibandingkan kemampuan dalam memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap USD dengan beberapa metode dalam ilmu statistika seperti ARIMA dan *Double Exponential Smoothing*.

Model *Fuzzy Wavelet* yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu kombinasi model *fuzzy* Mamdani dengan *Discrete Wavelet Transforms* (DWT). Transformasi *Wavelet* diskret merupakan metode yang mendekomposisikan sebuah data diskret ke dalam beberapa data baru yang memiliki korelasi terhadap data sebelumnya (Turgay Partal dan Ozgur Kisi, 2007). Sedangkan model *fuzzy* dengan metode Mamdani digunakan dalam proses inferensi. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan untuk mendapatkan *output*nya diperlukan 4 tahapan.

B. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini akan membahas tentang aplikasi transformasi *wavelet* dalam model *fuzzy* Mamdani untuk memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat. Di dalam penyusunan tugas akhir ini, data yang digunakan adalah data histori nilai tukar IDR/USD untuk harga penutupan setiap minggunya dari tanggal 1 Januari 2012 sampai dengan 9 November 2014 yang diakses dari *InstaTrade Investment Company*.

4. Menambah referensi bagi mahasiswa dalam penggunaan model-model prediksi.

Sejak jaman dahulu, manusia telah melakukan perdagangan dengan sekelilingnya untuk berbagai alasan dengan cara sistem barter. Seiring dengan perkembangannya jaman dan peradaban sistem barter ini gugur karena mempunyai banyak kelemahan sehingga ditemukan sistem-sistem pembayaran yang baru yang sampai pada akhirnya dengan menggunakan uang sebagai alat pertukaran dan pembayaran. Uang dalam ilmu ekonomi tradisional didefinisikan sebagai setiap alat tukar yang dapat diterima secara umum (Herman, 2006). Alat tukar itu dapat berupa benda apapun yang dapat diterima oleh setiap orang di masyarakat dalam proses pertukaran barang dan jasa.

Dalam ilmu ekonomi modern, uang didefinisikan sebagai sesuatu yang tersedia dan secara umum diterima sebagai alat pembayaran bagi pembelian barang-barang dan jasa-jasa serta kekayaan berharga lainnya serta untuk pembayaran hutang. Sistem pembayaran dengan menggunakan uang juga mempunyai kelemahan yaitu jika uang tersebut digunakan untuk bertransaksi dengan suatu negara (lain) yang memiliki jenis mata uang yang berbeda. Maka kebutuhan akan nilai tukar timbul karena mata uang suatu negara biasanya tidak diterima sebagai media atau alat tukar di negara lain. Hubungan perdagangan internasional menimbulkan adanya permintaan dan penawaran

cadangan emas pada saat itu tidak cukup untuk menutupi kebutuhan pertukaran emas dan uang.

### 3. Bretton Woods (tahun 1946 – 1971)

Pada tanggal 22 Juli 1944, atas prakarsa dari Amerika Serikat, diadakan suatu konferensi Moneter Internasional yang dikenal dengan : “The Bretton Woods Conference”, yang dihadiri oleh 44 negara, dengan tujuan untuk memperbaiki sistem keuangan yang rusak akibat perang Dunia II serta penyusunan rencana pembuatan sistem Moneter. Pada 27 Desember 1945 berdirilah IMF (*International Monetary Fund*) dan Bank Dunia sebagai pengawas sistem Moneter Dunia. Dalam konferensi tersebut, diciptakan suatu sistem pertukaran mata uang tetap yang disebut dengan “Fixed Exchange Rate System”, yang mempunyai beberapa persamaan dengan standar emas, dimana memuat ketentuan:

- Tiap negara menetapkan nilai tukar mata uangnya terhadap mata uang USD.
- Amerika menetapkan nilai USD terhadap emas (USD 35/ounce).
- Amerika akan menjual emas dengan harga tetap kepada pemegang resmi dari mata uang USD.
- Perubahan nilai tukar mata uang terhadap USD tidak boleh melebihi 1%, bila terpaksa bisa sampai max 10%.

Pada tahun 1971 sistem ini dihapuskan akibat adanya krisis Eropa yang berkepanjangan yang menyebabkan memburuknya perdagangan Eropa dan Amerika.

terhadap beberapa mata uang. Hal ini kemudian menyebabkan perkembangan pada bursa pertukaran mata uang asing, sehingga diperlukan pengatur untuk berjuta-juta transaksi permintaan dan penawaran yang terjadi setiap hari, yang menuju pada penentuan nilai tukar mata uang asing.

Seiring perjalanan waktu maka terjadilah banyak perubahan dan penetapan peraturan yang disesuaikan dengan penawaran dan permintaan mata uang yang terus berkembang. Menurut Herman (2006), terdapat tahapan-tahapan yang terjadi:

#### 1. Standar Emas (tahun 1880 – 1914)

Emas dijadikan sistem standar yang pertama diberlakukan dalam bursa pertukaran mata uang asing, dan sebagai dasar untuk nilai tukar dunia. Setiap pemerintahan menjamin pertukaran mata uang tertentu terhadap emas atau sebaliknya. Defisit neraca pembayaran akan ditutup dengan transfer emas, hingga mengakibatkan *money supply* menurun dan harga di luar negeri seakan naik, sehingga hal ini akan meningkatkan ekspor sampai defisit hilang, demikian sebaliknya. Sehingga, nilai mata uang relatif stabil.

#### 2. Perang Dunia I (tahun 1919 – 1939)

Perang Dunia I yang terjadi pada tahun 1919-1939 menyebabkan sistem standar emas dihapuskan akibat ketegangan politik serta membengkaknya tingkat pengangguran yang terjadi di awal tahun 1930-an. Perang menimbulkan biaya yang sangat besar sehingga membuat

#### 4. Nilai Tukar Mengambang

Mulai tahun 1971 sampai sekarang, pertukaran mata uang menggunakan Sistem Nilai Tukar Mengambang (*Floating Exchange Rate System*). Di umumkan pertama kali oleh Presiden Nixon (USA) dan ditegaskan kembali dalam “*Smithsonian Conference*” pada bulan Desember 1971 di Washington. Sejak saat itu nilai tukar antar negara sepenuhnya berada dibawah kendali mekanisme pasar atau pasar yang akan menentukan apakah nilai mata uang itu naik atau turun.

Pada pertengahan tahun 1980-an perkembangan forex mengalami kemajuan dengan menggunakan sistem elektronik untuk melakukan transaksinya, dimana setiap data transaksi langsung tersimpan kedalam perangkat elektronik tersebut. Dari tahun inilah dimulainya era forex *online* dan terus berkembang hingga saat ini. Forex *trading* sendiri telah lama ada sejak ditemukannya teknik konversi mata uang suatu negara ke negara lainnya. Namun secara kelembagaan forex *trading* baru ada setelah didirikannya badan “Arbitrase Kontrak Berjangka” atau “*Futures*” seperti *International Money Market*, *London International Financial Futures Exchange*, *Tokyo International Financial Futures Exchange*, dll.

## 2. Pengertian Valuta Asing

Menurut Kasnir (2008), pasar valuta asing merupakan pasar di mana transaksi valuta asing dilakukan baik antar negara maupun dalam suatu negara. Transaksi dapat dilakukan oleh suatu badan/perusahaan atau secara perorangan dengan berbagai tujuan. Setiap kali melakukan transaksi valuta

secara sederhana dapat diartikan sebagai perdagangan mata uang (*valuta*) suatu negara dengan mata uang negara lainnya. Secara lebih luas, dapat diartikan bahwa *foreign exchange* adalah semua tagihan dalam valuta asing yang diuangkan di luar negeri, termasuk saldo rekening dalam valuta asing pada bank-bank di luar negeri, wesel, atau cek dalam valuta asing yang dapat diuangkan di luar negeri.

Agar lebih jelas pengertian *foreign exchange*, dapat dilihat dari contoh sederhana berikut ini :

Jika seorang eksportir dari Indonesia menjual mobil kepada pembeli di Amerika Serikat, dalam penyelesaian transaksi tersebut ada beberapa pilihan. Pilihan pertama dibayar dengan mata uang Dollar Amerika, yaitu mata uang negara pembeli, eksportir di Indonesia harus menukarkan/menjual dollar yang diterimanya dari pembeli dengan mata uang negaranya sendiri, yaitu Rupiah, karena hanya mata uang Indonesia sajalah yang merupakan mata uang resmi di Jepang.

Pilihan kedua, apabila dibayar dengan mata uang Rupiah, jika ini dikehendaki oleh eksportir, pembeli yang mempunyai dollar harus menukarkan/menjual mata uangnya dengan membeli Rupiah. Pilihan ketiga adalah apabila dibayarkan dengan mata uang negara tertentu yang telah

SGD : Dollar Singapura  
HKD : Dollar Hongkong  
GBP : Poundsterling Inggris

Golongan yang kedua yaitu jenis mata uang yang tergolong lemah (*soft currencies*). Mata uang yang tergolong lemah ini jarang diperjualbelikan. *Soft currency* pada umumnya berasal dari negara berkembang seperti Rupiah-Indonesia (IDR), Bath-Thailand (THB), Peso-Philipina (PHP), Rupee-India (INR), dan lain sebagainya.

### 3. Pelaku Pasar Valuta Asing

Berikut ini pelaku dalam pasar valuta asing (Kasmir, 2008) :

#### a. Bank Devisa

Bank devisa merupakan bank yang dapat melakukan transaksi ke luar negeri atau yang berhubungan dengan mata uang asing secara keseluruhan, misalnya transfer ke luar negeri, inkaso ke luar negeri, *travelers cheque*, pembukaan, dan pembayaran *Letter of Credit* dan transaksi lainnya. Persyaratan untuk menjadi bank devisa ini ditentukan oleh Bank Indonesia.

#### b. Perusahaan-Perusahaan Nonfinansial

Keterlibatan perusahaan-perusahaan besar dalam pasar valuta asing disebabkan oleh dua hal, yaitu perdagangan internasional dan *direct investment*. Dalam perdagangan internasional, kepentingan perusahaan tidak hanya bahwa valuta asing dibayarkan atau diterima, tetapi juga bahwa transaksi tersebut dilaksanakan dengan kemungkinan *exchange*

disepakati bersama sebelumnya. Berdasarkan contoh tersebut, dapat disimpulkan bahwa dengan mata uang apa pun pembayaran selalu memerlukan penukaran mata uang satu dengan mata uang yang lainnya. Masalah ini dapat diatasi dengan *foreign exchange*.

Pasar valuta asing terdapat di tiap negara dengan sarana telekomunikasi yang ada. Hal ini dikarenakan menyangkut banyak negara di seluruh dunia, maka transaksi yang dilakukan hampir tidak pernah tidur. Sebagai contoh pada saat suatu transaksi tutup di suatu negara karena sudah larut malam, maka pada saat yang sama di negara lain transaksi baru dimulai karena pagi hari. Demikian transaksi selalu berputar antara pusat-pusat keuangan seperti New York, London, Tokyo, Hongkong, atau Jakarta.

Dalam perdagangan valas internasional hanya mata uang yang tergolong "*convertible currencies*" yang sering diperdagangkan, sedangkan yang tidak termasuk dalam golongan tersebut jarang diperdagangkan. Berikut ini golongan mata uang yang termasuk dalam *convertible currencies* (Kasmir, 2008) antara lain:

US Dollar	: Dollar Amerika Serikat
FRF	: France Perancis
JPN	: Yen Jepang
SFR	: France Swiss
AUD	: Dollar Australia
CAD	: Dollar Canada
DM	: Deutch Mark Jerman

*rates* yang paling menguntungkan. Perusahaan-perusahaan juga akan berhubungan dengan pasar valuta asing apabila hal itu meliputi *direct investment* dan melibatkan tidak hanya perolehan aset dalam suatu negara lain, tetapi juga perolehan utang di mana suatu perusahaan beroperasi.

#### c. Individu-individu

Setiap orang yang memiliki rekening giro (*checking account*) adalah peserta dalam pasar uang. Mereka dapat membeli/menjual instrumen-instrumen pasar uang tersebut.

#### d. Bank Sentral

Bank Sentral di Indonesia adalah Bank Indonesia (BI) berdasarkan UU No. 13 Tahun 1986. Kemudian ditegaskan lagi dengan UU No. 23 Tahun 1999. Kebijakan atau peraturan moneter di suatu Negara diatur dan dikeluarkan oleh bank sentralnya. Kebijakan moneter biasanya ditekankan pada jumlah uang yang beredar dan tingkat bunga. Setiap tindakan yang diambil oleh bank sentral memberi dampak moneter dalam dan luar negeri. Oleh karena itu, bank sentral perlu mengkoordinasikan kebijakan dalam pasar valuta asing dengan keseluruhan kebijakan ekonomi negara.

### 4. Mekanisme Transaksi Valuta Asing

Setiap bank devisa selalu memelihara rekening dalam berbagai valuta asing untuk keperluan transaksi luar negeri. Biasanya rekening tersebut diperlihara di satu atau beberapa bank di negara asal valuta asing yang bersangkutan. Semakin banyak negara tujuan transaksi nasabah suatu bank, maka lebih banyak pula jenis rekening valas yang dipelihara bank. Bank

gerakan, akibat pergerakan nilai tukar mata uang yang terjadi setiap saat.

Bagi sebuah bank non devisa, kelebihan dan kekurangan dana berarti kelebihan dan kekurangan dalam Rupiah. Akan tetapi, sebuah bank devisa bisa kelebihan suatu mata uang tetapi kekurangan mata uang lainnya. Dalam suatu mata uang dapat dipenuhi dengan menjual mata uang lain untuk mendapatkan mata uang yang diperlukan. Masalah tersebut dapat diselesaikan oleh suatu bank devisa, sehingga pengelolaan dana dalam bank devisa memerlukan pengetahuan dan teknik-teknik yang jauh lebih kompleks.

##### 5. Jenis Transaksi dalam Pasar Valuta Asing

Menurut Herman (2006), transaksi dalam pasar valuta asing terdiri dari 3 (tiga), yaitu :

###### a. Transaksi tunai (*spot transaction*)

Transaksi *spot* merupakan transaksi jual beli valuta asing yang penyerahannya masing-masing (yang diperjualbelikan) umumnya dilaksanakan setelah dua hari kerja berikutnya dari transaksi terjadi. Ada tiga penyerahan dalam transaksi tunai ini, yaitu penyerahan dilakukan pada hari yang sama dengan hari dilakukannya transaksi (*value today*), penyerahan dilakukan pada hari kerja berikutnya (*value tomorrow*), dan penyerahan dilakukan 2 hari kerja setelah transaksi (*value spot*).

14

###### b. *Indirect Rates Pair*

*Indirect rates pair* adalah *pair* dengan USD sebagai awalnya. Misalnya USD/JPY, USD/CHF, dan USD/CAD, dll.

###### c. *Cross Rates Pair*

*Cross Rates Pair* tidak mengandung USD. Misalnya GBP/JPY, EUR/JPY, AUD/JPY, EUR/GBP, dll.

##### B. Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk masalah prediksi nilai tukar mata uang suatu negara telah lama dilakukan, antara lain Mark T. Leung, An-Sing Chen, dan Hazem Daouk (1999), memprediksi pergerakan GBP (Poundsterling Inggris), CAD (Dollar Canada), dan JPY (Yen Jepang) dengan metode *General Regression Neural Network* (GRNN). Stefan Mitnik dan Marc S. Paoletta (2000), memprediksi nilai tukar mata uang negara-negara di Asia Timur terhadap USD dengan metode GARCH. Joarder Kamruzzaman, Ruhul A. Sarker, dan Iftekhar Ahmad (2003), memprediksi nilai tukar enam mata uang yang berbeda terhadap Australian dollar dengan metode *Support Vector Machine* (SVM). Lean Yu, Kin Keung, dan Shouyang Wang (2005), memprediksi nilai tukar dengan model *Integrating Generalized Linear Auto-Regression* (GLAR) dan *Artificial Neural Networks* (ANN). Yulia Sukma Hardiyanti (2007), memodelkan dan memprediksi harga USD/JPY dan IDR/USD dengan metode ARCH, GARCH, dan TARCH.

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan nilai tukar IDR/USD antara lain, Adi Teguh Suprpto (2005), meramalkan kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika dengan model ARIMA. Dalam model ini menganalisis pengaruh variabel

16

###### b. Transaksi tunggal (*forward transaction*)

Transaksi *forward* merupakan transaksi jual beli valas yang penyerahannya akan dilakukan di masa yang akan datang, dengan kurs yang ditetapkan sekarang. Transaksi *forward* sering disebut transaksi berjangka, karena memang memiliki jangka waktu tertentu.

###### c. Transaksi barter (*swap transaction*)

Menurut Herman (2006), transaksi *swap* adalah gabungan dari transaksi *spot* dan *forward*. Jadi transaksi *swap* adalah transaksi penjualan suatu mata uang sekarang (*spot*) sekaligus pembelian mata uang di waktu yang akan datang (*forward*). Sedangkan menurut Kasmir (2008), transaksi barter atau *swap* adalah kombinasi antara membeli dan menjual untuk dua mata uang secara tunai yang diikuti membeli dan menjual kembali mata uang yang sama secara tunai dan tunggal secara simultan dengan batas waktu yang berbeda.

##### 6. Jenis-jenis Pasangan Mata Uang dalam Valuta Asing

Produk yang diperdagangkan dalam pasar valuta asing selalu berbentuk pasangan mata uang (*pair*). Berikut adalah jenis pasangan mata uang dalam valuta asing:

###### a. *Direct Rates Pair*

*Direct rates pair* adalah *pair* dengan USD sebagai akhirnya. Misalnya EUR/USD, GBP/USD, AUD/USD, dll.

15

nilai masa lalu kurs IDR/USD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel nilai masa lalu kurs IDR/USD serta nilai residualnya mempengaruhi nilai kurs di masa datang. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji t maupun uji F dimana baik secara individu maupun secara bersama-sama, variabel independen kurs masa lalu IDR/USD berpengaruh terhadap kurs ramalan satu hari ke depan. Koefisien *Adjusted Determination R<sup>2</sup>* dalam penelitian ini sebesar 0,1322.

Jensen Alesander (2007), meramalkan nilai kurs Dollar Amerika terhadap Rupiah dengan metode *backpropagation* dalam implementasi jaringan saraf tiruan. Proses *training* dilakukan berdasarkan prinsip minimalisasi *error back propagation*. Pengujian terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data yang berhubungan dengan nilai pertukaran mata uang untuk mendapatkan nilai penurunan *error* yang optimal serta tingkat akurasi yang tinggi.

Eko Nofendi (2012), menganalisis prediksi nilai tukar mata uang dengan metode *fuzzy time series* berbasis komputer. Metode yang digunakan yaitu *Automatic Clustering and Fuzzy Logic Relationship* (ACFLR). Hasil penelitian ini menunjukkan metode ACFLR dapat menjadi salah satu metode yang baik untuk prediksi kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika. Prediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika dilakukan dengan berbasis komputer menggunakan bahasa pemrograman C#.

Siana Halim, dkk (1999), menentukan nilai estimasi pada parameter-parameter yang terdapat pada model-model heteroskedastik, khususnya dalam *Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH) dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH). Model-model ini yang

17

terjadinya lonjakan yang diakibatkan oleh perubahan situasi politik di Indonesia.

Nariswari dkk (2012), memodelkan dan meramalkan nilai tukar Dollar terhadap Rupiah dengan *Neural Network Ensembles* (NNE). NNE yang digunakan dalam model ini adalah metode *simple average* dan *backpropagation*. Sedangkan data yang digunakan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu data pelatihan, pengujian dan validasi dengan komposisi 60:20:20. Hasil uji model menunjukkan bahwa model NNE 4-1-1 dengan metode *simple average* dan NNE 3-4-1 dengan metode *backpropagation* menghasilkan MSE yang relatif lebih kecil di antara NNE yang lain.

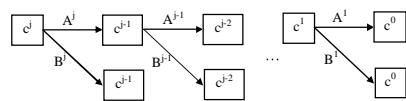
### C. Wavelet

#### 1. Pengertian Wavelet

Menurut Rismon H. Sianipar (2003), *Wavelet* mulai berkembang sejak awal abad 20 namun perkembangan secara berarti dicapai pada tahun 80-an. Disamping paper oleh Frazier dan Jawerth (1985), *Wavelet* juga populer di sebuah “*French School*” di Perancis yang diketahui oleh J. Morlet, A. Grossmann dan Y. Meyer. *Wavelet* atau dalam bahasa Prancis disebut *ondelette* yang berarti gelombang kecil, digunakan oleh seorang *geophysicist* sebagai sarana untuk mengolah sinyal seismik. Kesuksesan numeris terapan ini dilakukan oleh A. Grossmann dan J. Morlet.

18

dua komponen penting dalam melakukan transformasi yakni fungsi skala (*scaling function*) dan fungsi *wavelet* (*Wavelet function*). Fungsi skala disebut juga sebagai *Lowpass filter*, sedangkan fungsi *Wavelet* disebut juga sebagai *highpass filter*. Proses transformasi *Wavelet* dilakukan dengan mengkonvolusi sinyal dengan data tapis atau dengan proses perata-rataan dan pengurangan secara berulang, yang sering disebut dengan metode *filter bank*. Sinyal asli dapat dipulihkan kembali dengan rekonstruksi dari sinyal yang telah didekomposisi dengan menerapkan *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT). Gambar 2.1 menyajikan proses transformasi *Wavelet* dengan cara *filter bank*.



Gambar 2. 1 Transformasi *Wavelet* (Charles K. C., 1992)

Secara garis besar transformasi *Wavelet* terbagi menjadi 2, yaitu :

#### a. Continue Wavelet Transform (CWT)

*Continue Wavelet Transform* (CWT) digunakan untuk sebuah fungsi yang berdomain bilangan real atas sumbu  $x$ . Cara kerja *Continue Wavelet Transform* (CWT) adalah dengan menghitung konvolusi sebuah sinyal dengan sebuah fungsi *Wavelet* pada setiap waktu dengan setiap skala yang diinginkan.

20

*Wavelet* merupakan basis baru yang dapat digunakan untuk merepresentasikan fungsi dengan pertimbangan teknik untuk analisis waktu terhadap frekuensi (Charles K. Chui, 1992). Menurut Budi Warsito (2013), *Wavelet* merupakan fungsi basis yang dapat digunakan dalam merepresentasikan data atau fungsi-fungsi yang lain. Beberapa contoh keluarga *Wavelet* adalah *Haar*, *Daubechies*, *Symlets*, *Coiflets*, *BiorSplines*, *ReverseBior*, *Meyer*, *DMeyer*, *Gaussian*, *Mexican hat*, *Morlet*, *Complex*, *Shannon*, *Frequency B-Spline*, *Complex Morlet*, *Riyad*, dll.

#### 2. Transformasi Wavelet

Transformasi merupakan suatu proses pengubahan data ke bentuk data lain yang mudah dianalisis, sebagai misal transformasi *fourier* merupakan suatu proses pengubahan data (sinyal) kedalam beberapa gelombang kosinus yang berfrekuensi berbeda, sedangkan transformasi *wavelet* merupakan proses pengubahan sinyal kedalam berbagai *wavelet* basis (*mother wavelet*) dengan berbagai fungsi pergeseran dan penekalaan (I Gede Pasek S.W., 2004).

Transformasi *wavelet* merupakan pengubahan sinyal ke dalam berbagai *wavelet* basis dengan berbagai pergeseran dan penekalaan, oleh karena itu koefisien *wavelet* dari beberapa skala atau resolusi dapat dihitung dari koefisien *wavelet* pada resolusi tinggi berikutnya. Hal ini memungkinkan mengimplementasikan transformasi *wavelet* menggunakan struktur pohon yang dikenal sebagai algoritma piramid (*pyramid algorithm*).

Transformasi *wavelet* merupakan suatu proses pengubahan data dalam bentuk lain agar lebih mudah dianalisis. Transformasi *wavelet* menggunakan

19

#### b. Discrete Wavelet Transform (DWT)

DWT digunakan untuk sebuah fungsi atas domain bilangan bulat (biasanya  $t = 0, 1, \dots, N - 1$ , dimana  $N$  dinotasikan sebagai banyaknya nilai dalam runtun waktu). Dibandingkan dengan DWT, *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dianggap relatif lebih mudah pengimplementasiannya. Pada tugas akhir ini, jenis *wavelet* yang digunakan adalah DWT karena data runtun waktu dari nilai tukar IDR/USD berdomain bilangan bulat.

Transformasi *wavelet* diskret merupakan transformasi sinyal diskret menjadi koefisien-koefisien *wavelet* yang diperoleh dengan cara menapis sinyal menggunakan dua buah tapis yang berlawanan. Kedua tapis yang dimaksud adalah :

- 1) Tapis penekala atau tapis lolos rendah (*low pass filter* (LPF))
- 2) Tapis *Wavelet* atau tapis detil atau tapis lolos tinggi (*high pass filter* (HPF))

Tapis lolos rendah mewakili fungsi basis (fungsi penekala), sedangkan tapis detil mewakili *wavelet*. Terdapat dua keluaran transformasi *wavelet* yaitu koefisien aproksimasi (keluaran tapis *low-pass*) dan koefisien detil (keluaran tapis *high-pass*). Sehingga, kedua keluaran tersebut dapat diekspresikan dengan :

$$c_i = \sum_k h_k x_{2i-k} \tag{2.1}$$

$$d_i = \sum_k h_k x_{2i-k} \tag{2.2}$$

dengan

$c_i$  : koefisien aproksimasi

21

rumah sinyal diskret yang menghasilkan detail pada level-j. Setelah pasangan operasi ini dilaksanakan, koefisien-koefisien tapis digeser ke kanan sejauh 2 faktor. Selanjutnya bagian aproksimasi digunakan kembali sebagai vektor masukan pengganti sinyal. Proses ini diulangi untuk semua skala.

Menurut Ida Bagus K.W. (2006), secara sederhana transformasi *wavelet multilevel* dapat didefinisikan sebagai model transformasi *wavelet* diskret yang mentransformasikan suatu data secara berulang-ulang. Algoritma dari transformasi *wavelet multilevel* adalah sebagai berikut (Ida Bagus K. W., 2006) :

- 1) Data mula-mula ditransformasikan menggunakan DWT, dan menghasilkan koefisien aproksimasi dan detail.
- 2) Koefisien transformasi ditransformasikan lagi dengan menggunakan DWT sehingga menghasilkan koefisien transformasi aproksimasi dan detail ke dua.
- 3) Jika panjang level tiga maka proses transformasi dilakukan secara berulang-ulang sebanyak tiga kali (ulangi langkah ke dua sampai panjang *level* sama dengan tiga. Begitu selanjutnya hingga *level* yang ditentukan.

Pada himpunan tegas (*crisp*), derajat keanggotaan suatu elemen  $x$  dalam himpunan  $A$ , memiliki 2 kemungkinan (Sri Kusumadewi, 2003) yaitu:

- a. Satu (1), yang berarti bahwa suatu elemen menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
- b. Nol (0), yang berarti bahwa suatu elemen tidak menjadi suatu anggota dalam suatu himpunan

Kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval  $[0,1]$ , namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika derajat keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* A adalah 0,7, maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,7 berarti 30% dari himpunan tersebut diharapkan tidak A.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut (Sri Kusumadewi, 2003), yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: RENDAH, SEDANG, TINGGI.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

Panjang *level* maksimum transformasi *wavelet multilevel* dari suatu sinyal adalah sebagai berikut :

$$level_{maks} = \frac{\ln \frac{panjang\ data\ (sinyal)}{panjang\ tapis-1}}{\ln(2)} \quad (2.3)$$

Pada penelitian ini, transformasi yang digunakan yaitu transformasi *Wavelet Haar*. *Wavelet Haar* merupakan tipe *Wavelet* yang sederhana dan dapat diterapkan pada transformasi sinyal 1-dimensi. *Wavelet Haar* sama dengan *Wavelet* Db1 (*Daubechies* orde 1). Panjang tapis (*filter*) *Wavelet Haar* adalah 2.

#### D. Himpunan Fuzzy

##### 1. Pengertian Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan klasik dengan keberadaan suatu elemen tidak lagi bernilai benar atau salah, tetapi akan selalu bernilai benar jika mempunyai derajat keanggotaan yang berada dalam rentang  $[0,1]$  (Klir dan Bo Yuan, 1995). Sedangkan himpunan klasik (*crisp set*) adalah himpunan yang membedakan anggota dan bukan anggota dengan batasan yang jelas.

##### Definisi 2.1 (Klir dan Bo Yuan, 1995)

Himpunan *fuzzy* A pada himpunan universal U didefinisikan sebagai himpunan yang direpresentasikan dengan fungsi yang mengawakan setiap  $x \in U$  dengan bilangan real pada interval  $[0,1]$ , dinotasikan dengan :

$$\mu_A x \rightarrow [0,1]$$

dengan

$\mu_A x$  : derajat keanggotaan  $x$  pada himpunan *fuzzy* A.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, (Sri Kusumadewi, 2003), yaitu :

##### a. Variabel fuzzy

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

**Contoh 2.1** Variabel *fuzzy* yang akan dibahas dalam model ini adalah nilai tukar IDR/USD.

##### b. Himpunan fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

**Contoh 2.2** Banyaknya himpunan *fuzzy* yang akan dibahas dalam model ini adalah 5, yaitu A1, A2, A3, A4, dan A5.

##### c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

**Contoh 2.3** Semesta pembicaraan untuk variabel *Input* nilai tukar IDR/USD  $[9229,59, 11473,19]$ .



bilangan riil yang senantiasa naik (certamnan) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

**Contoh 2.4** Domain untuk nilai tukar IDR/USD sebagai berikut :

**Tabel 2. 1** Domain pada Nilai Tukar IDR/USD

Himpunan <i>fuzzy</i>	Domain
A1	[9229,59 , 9858,99]
A2	[9229,59 , 10488,39]
A3	[9858,99 , 11117,79]
A4	[10488,39 , 1747,19]
A5	[11117,79 , 1747,19]

## 2. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Sri Kusumadewi, 2003). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Menurut Wang (1997), terdapat 2 cara untuk mempresentasikan fungsi keanggotaan *fuzzy*, yaitu:

- Himpunan *fuzzy* direpresentasikan sebagai pasangan berurutan dengan elemen pertama nama elemen dan elemen kedua nilai keanggotaan dengan notasi:

26

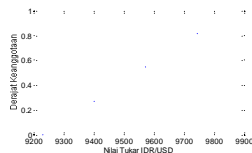
dengan fungsi keanggotaan kurva representasi linear naik:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x \leq b \\ 1; & x > b \end{cases} \quad (2.7)$$

**Contoh 2.5** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah MURAH dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{murah} x = \begin{cases} 0 & ; x \leq 9229,59 \\ \frac{x - 9229,59}{629,4} & ; 9229,59 < x \leq 9858,99 \\ 1 & ; x > 9858,99 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3:



**Gambar 2. 3** Himpunan *fuzzy* murah

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.3, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9779,4 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$\mu_{murah} 9779,4 = \frac{9779,4 - 9229,59}{629,4} = 0,87$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9779,4 adalah 0,87 pada himpunan *fuzzy* MURAH.

28

$$A = \{(x, \mu_A x \mid x \in X\} \quad (2.4)$$

- Himpunan *fuzzy* dengan menggunakan notasi sebagai berikut:

- Himpunan semesta diskret:

$$A = \frac{\mu_A x_1}{x_1} + \frac{\mu_A x_2}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A x_n}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A x_i}{x_i} \quad (2.5)$$

- Himpunan semesta kontinu

$$\frac{\mu_A x}{x} \quad (2.6)$$

Fungsi keanggotaan yang dapat dibangun dan digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* antara lain (Sri Kusumadewi, 2003):

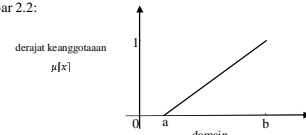
- Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat anggotanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Terdapat 2 keadaan pada himpunan *fuzzy* yang linear, yaitu:

- Representasi linear naik

Representasi linear naik dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi, seperti pada

Gambar 2.2:



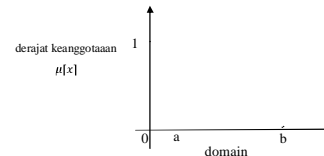
**Gambar 2. 2** Representasi linear naik (Sri Kusumadewi, 2003)

27

Sehingga nilai tukar sebesar 9779,4 merupakan anggota himpunan *fuzzy* MURAH dengan nilai kepercayaan sebesar 0,87.

- Representasi linear turun

Representasi nilai turun merupakan kebalikan dari representasi linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah, seperti pada Gambar 2.4:



**Gambar 2. 4** Representasi linear turun (Sri Kusumadewi, 2003)

dengan fungsi keanggotaan kurva representasi linear turun:

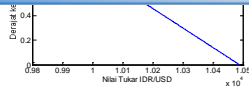
$$\mu_x = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.8)$$

**Contoh 2.6** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah SEDANG dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{sedang} x = \begin{cases} 1 & ; x \leq 9858,99 \\ \frac{9858,99 - x}{629,4} & ; 9858,99 < x \leq 10488,39 \\ 0 & ; x > 10488,39 \end{cases}$$

29





**Gambar 2. 5** Himpunan *fuzzy* sedang

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.5, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9779,4, sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$\mu_{\text{sedang}} 9779,4 = \frac{9858,99 - 9779,4}{629,4} = 0,13$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9779,4 adalah 0,13 pada himpunan *fuzzy* SEDANG. Sehingga nilai tukar sebesar 9779,4 merupakan anggota himpunan *fuzzy* SEDANG dengan nilai kepercayaan sebesar 0,87.

b. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga pada dasarnya terbentuk dari gabungan 2 garis linear, yaitu linear naik dan linear turun. Kurva segitiga hanya memiliki satu nilai  $x$  dengan derajat keanggotaan tertinggi [1], hal tersebut terjadi ketika  $x = b$ . Nilai yang tersebar dipersekitaran  $b$  memiliki

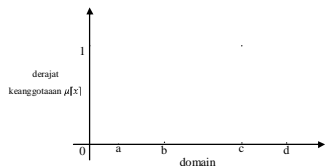
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.7, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan IDR/USD untuk nilai tukar sebesar 11127,12 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$\mu_{\text{agak mahal}} 1112,12 = \frac{11747,19 - 11127,12}{629,4} = 0,98$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 1112,12 adalah 0,98 pada himpunan *fuzzy* agak mahal. Sehingga nilai tukar sebesar 11127,12 merupakan anggota himpunan *fuzzy* agak mahal dengan nilai kepercayaan sebesar 0,98.

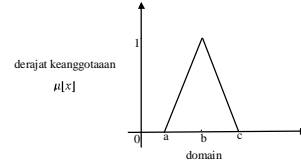
c. Representasi kurva trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Seperti pada Gambar 2.8:



**Gambar 2. 8** Kurva trapesium (Sri Kusumadewi, 2003)

perubahan derajat keanggotaan menurun dengan menjauhi 1. Seperti pada Gambar 2.6:



**Gambar 2. 6** Kurva segitiga (Sri Kusumadewi, 2003)

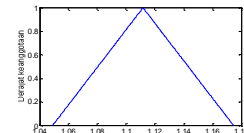
dengan fungsi keanggotaan Kurva Segitiga:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ dan } x > c \\ x-a & b-a; a < x \leq b \\ c-x & c-b; b < x \leq c \end{cases} \quad (2.9)$$

**Contoh 2.7** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah agak mahal dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{\text{agak mahal}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 10488,39 \text{ atau } x \geq 11747,19 \\ \frac{x - 10488,39}{629,4}, & 10488,39 \leq x \leq 11117,79 \\ \frac{11747,19 - x}{629,4}, & 11117,79 \leq x \leq 11747,19 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7:



**Gambar 2. 7** Himpunan *fuzzy* agak mahal

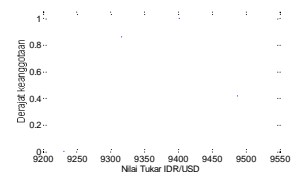
dengan fungsi keanggotaan Kurva Trapesium:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x > d \\ x-a & b-a; a < x \leq b \\ 1; & b < x \leq c \\ d-x & d-c; c < x \leq d \end{cases} \quad (2.10)$$

**Contoh 2.8** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah MURAH dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{\text{murah}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 9229,59 \text{ atau } x > 9529,59 \\ (x - 9229,59)/100; & 9229,59 \leq x < 9329,59 \\ 1; & 9329,59 \leq x < 9429,59 \\ (9529,59 - x)/100; & 9429,59 \leq x < 9529,59 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9:



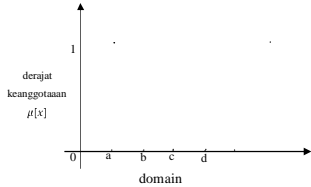
**Gambar 2. 9** Himpunan *fuzzy* murah

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.9, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan IDR/USD untuk nilai tukar sebesar 9329,64 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$\mu_{\text{murah}} 9329,64 = 1$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9329,64 adalah 1 pada himpunan *fuzzy* MURAH.

danu pada dasarnya adalah gabungan dari kurva segitiga dan kurva trapesium. Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Namun terkadang salah satu sisi dari variabel tidak mengalami perubahan.



**Gambar 2. 10** Representasi kurva bahu (Sri Kusumadewi, 2003)

**Contoh 2.9** Terdapat 3 himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD antara lain murah, sedang, dan mahal dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{murah} x = \begin{cases} 0; & x > 9429,59 \\ \frac{(9429,59 - x)}{200}; & 9229,59 \leq x < 9429,59 \\ 1; & x \leq 9229,59 \end{cases}$$

34

$$\mu_{mahal} 9329,64 = 0$$

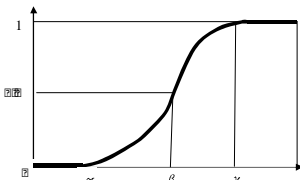
Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9329,64 adalah 0,9 pada himpunan *fuzzy* murah, 0,5 pada himpunan *fuzzy* sedang, dan 0 pada himpunan *fuzzy* mahal.

e. Representasi kurva S (*sigmoid*)

Kurva-S atau *sigmoid* terdiri dari kurva pertumbuhan dan penyusutan yang merupakan kurva berbentuk huruf S dan digunakan menghubungkan kenaikan dan penurunan permukaan yang tidak linear. Definisi Kurva-S menggunakan 3 parameter, yaitu nilai keanggotaan nol ( $\alpha$ ), nilai keanggotaan satu ( $\gamma$ ), dan titik infleksi ( $\beta$ ) yaitu titik dengan domain yang memiliki derajat keanggotaan sebesar 0,5.

1) Kurva-S untuk pertumbuhan

Kurva-S untuk pertumbuhan bergerak dari sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan 0 ke sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan 1. Fungsi keanggotaan akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaan yang sering disebut dengan titik infleksi.



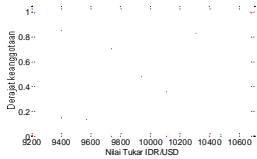
**Gambar 2. 12** Kurva S-Pertumbuhan (Sri Kusumadewi, 2003)

36

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 9229,59 \text{ atau } x \geq 10488,39 \\ \frac{x - 9229,59}{200}; & 9229,59 \leq x < 9429,59 \\ \frac{10488,39 - x}{1058,8}; & 9429,59 \leq x \leq 10488,39 \end{cases}$$

$$\mu_{mahal} x = \begin{cases} 0; & x < 9429,59 \\ \frac{x - 9429,59}{1058,8}; & 9429,59 \leq x \leq 10488,39 \\ 1; & x \geq 10488,39 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.11:



**Gambar 2. 11** Fungsi keanggotaan bentuk bahu (Sri Kusumadewi, 2003)

keterangan warna garis pada Gambar 2.11 :

biru : representasi fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* murah

hijau : representasi fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* sedang

merah : representasi fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* mahal

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.11, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan IDR/USD untuk nilai tukar sebesar 9329,64 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$\mu_{murah} 9329,64 = \frac{(9529,59 - 9329,64)}{200} = 0,9$$

$$\mu_{sedang} 9329,64 = \frac{9329,64 - 9229,59}{200} = 0,5$$

35

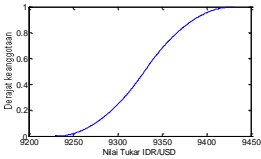
dengan fungsi keanggotaannya untuk kurva pertumbuhan adalah

$$S \ x; \alpha, \beta, \gamma = \begin{cases} 0; & x < \alpha \\ 2 \frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha}^2; & \alpha \leq x < \beta \\ 1 - 2 \frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha}^2; & \beta \leq x < \gamma \\ 1; & x > \gamma \end{cases} \quad (2.11)$$

**Contoh 2.10** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah MURAH dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$S \ x, 9229,59, 9329,59, 9429,59 = \begin{cases} 0 & ; x < 9229,59 \\ 2 \frac{x - 9229,59}{200}^2 & ; 9229,59 \leq x < 9329,59 \\ 1 - 2 \frac{9429,59 - x}{200}^2 & ; 9329,59 \leq x < 9429,59 \\ 1 & ; x > 9429,59 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.13:



**Gambar 2. 13** Himpunan *fuzzy* murah

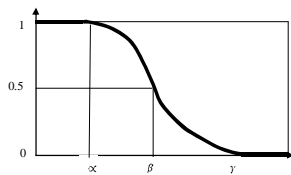
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.13, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan IDR/USD untuk nilai tukar sebesar 9329,64 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

37

MURAH. Sehingga nilai tukar sebesar 9329,64 merupakan anggota himpunan *fuzzy* MURAH dengan nilai kepercayaan sebesar 0,5.

## 2) Kurva-S untuk Penyusutan

Kurva-S untuk penyusutan bergerak dari sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan 1 ke sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan 0. Seperti pada Gambar 2.14:



**Gambar 2. 14** Kurva-S Penyusutan (Sri Kusumadewi, 2003)

dengan fungsi keanggotaan untuk kurva-S penyusutan adalah

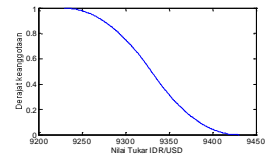
$$S \ x; \alpha, \beta, \gamma = \begin{cases} 1; & x < \alpha \\ 1 - 2 \frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha}^2; & \alpha \leq x < \beta \\ 2 \frac{\gamma - x}{\gamma - \beta}^2; & \beta \leq x < \gamma \\ 0; & x > \gamma \end{cases} \quad (2.12)$$

**Contoh 2.11** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah MURAH dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 9329,59, 9429,59]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

38

$$S \ x; 9229,59, 9329,59, 9429,59 = \begin{cases} 1; & x < 9229,59 \\ 1 - 2 \frac{x - 9229,59}{9429,59 - 9229,59}^2; & 9229,59 \leq x < 9329,59 \\ 2 \frac{9429,59 - x}{9429,59 - 9329,59}^2; & 9329,59 \leq x < 9429,59 \\ 0; & x > 9429,59 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.15:



**Gambar 2. 15** Himpunan *fuzzy* murah

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.15, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan IDR/USD untuk nilai tukar sebesar 9329,64 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$S \ 9329,64; 9229,59, 9329,59, 9429,59 = 2 \frac{9429,59 - 9329,64}{200}^2 = 0,5$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9329,64 adalah 0,5 pada himpunan *fuzzy* MURAH. Sehingga nilai tukar sebesar 9329,64 merupakan anggota himpunan *fuzzy* MURAH dengan nilai kepercayaan sebesar 0,5.

## f. Representasi kurva bentuk lonceng (*bell curve*)

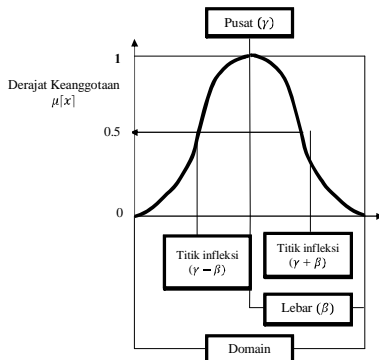
Representasi fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dapat menggunakan kurva berbentuk lonceng yang terbagi menjadi 3 kelas, yaitu:

39

Kurva Pi, Beta dan Gauss. Perbedaan dari ketiga kurva tersebut terletak pada gradiennya.

## 1) Kurva Pi

Kurva Pi berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 yang terletak pada pusat domain ( $\gamma$ ) dan dengan lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada gambar di bawah:



**Gambar 2. 16** Kurva PI (Sri Kusumadewi, 2003)

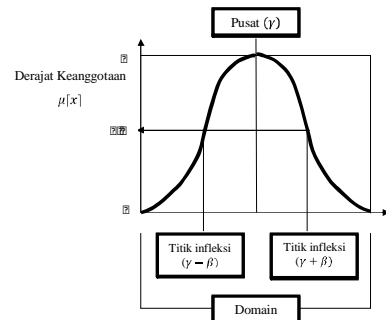
dengan fungsi keanggotaan kurva pi adalah sebagai berikut:

$$\Pi \ x, \beta, \gamma = \begin{cases} S \ x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma; & x \leq \gamma \\ 1 - S \ x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta; & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.13)$$

40

## 2) Kurva Beta

Kurva Beta masih seperti Kurva Pi yang berbentuk lonceng namun lebih rapat daripada kurva pi. Kurva ini juga didefinisikan menggunakan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva ( $\gamma$ ) dan setengah lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



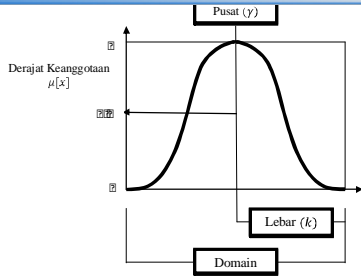
**Gambar 2. 17** Kurva BETA (Sri Kusumadewi, 2003)

Fungsi keanggotaan kurva beta adalah

$$B \ x; \gamma, \beta = \frac{1}{1 + \frac{2}{\beta} |x - \gamma|} \quad (2.14)$$

Perbedaan yang utama kurva beta dari kurva pi adalah fungsi keanggotaannya kurva beta akan mendekati nol jika nilai ( $\beta$ ) sangat besar.

41



**Gambar 2. 18** Kurva GAUSS (Sri Kusumadewi, 2003)

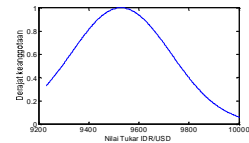
dengan fungsi keanggotaan kurva GAUSS adalah

$$G(x; k, \gamma) = e^{-k \gamma^{-x^2}} \quad (2.15)$$

**Contoh 2.12** Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar IDR/USD adalah MURAH dengan himpunan universal  $U = [9229,59, 11978,28]$  yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$G(x; 200; 9529,59) = e^{-\frac{x-9529,59^2}{2(200)^2}}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.19:



**Gambar 2. 19** Himpunan *fuzzy* murah

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.19, sebagai contoh menentukan derajat keanggotaan IDR/USD untuk nilai tukar sebesar 9329,64 sehingga dapat dilakukan perhitungan:

$$G(9329,64; 200; 9529,59) = e^{-\frac{9329,64-9529,59^2}{2(200)^2}} = 0,6$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD sebesar 9329,64 adalah 0,6 pada himpunan *fuzzy* MURAH. Sehingga nilai tukar sebesar 9329,64 merupakan anggota himpunan *fuzzy* MURAH dengan nilai kepercayaan sebesar 0,6.

### 3. Operator Fuzzy

Seperti halnya himpunan klasik, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Zadeh menciptakan 3 operator dasar himpunan *fuzzy* yaitu AND, OR dan NOT.

#### a. Operator AND

Operator AND berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND yang didapat dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar

elemen pada himpunan yang bersangkutan. Operator AND didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A \cap B} = \min \mu_A(x), \mu_B(y) \quad (2.16)$$

**Contoh 2.13** Diketahui derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada himpunan murah adalah 0,88 dan derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada himpunan sedang adalah 0,56, maka

$$\begin{aligned} \mu_{murah \cap sedang}(9329,64) &= \min \mu_A(9329,64), \mu_B(9329,64) \\ &= \min(0,88, 0,56) \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada irisan himpunan *fuzzy* murah dan himpunan *fuzzy* sedang adalah sebesar 0,56.

#### b. Operator OR

Operator OR berhubungan dengan operasi union pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan yang bersangkutan. Operator OR didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A \cup B} = \max \mu_A(x), \mu_B(y) \quad (2.17)$$

**Contoh 2.14** Diketahui derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada himpunan murah adalah 0,88 dan derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada himpunan sedang adalah 0,56, maka

$$\begin{aligned} \mu_{murah \cup sedang}(9329,64) &= \max(\mu_A(9329,64), \mu_B(9329,64)) \\ &= \max(0,88, 0,56) \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada gabungan himpunan *fuzzy* murah dan himpunan *fuzzy* sedang adalah sebesar 0,88.

#### c. Operator NOT

Operator NOT berhubungan dengan operasi komplemen atau negasi himpunan yang berisi semua elemen yang tidak berada pada himpunan tersebut.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT yang diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Operator NOT didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.18)$$

**Contoh 2.15** Diketahui derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada himpunan murah adalah 0,88, maka komplemen derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD pada himpunan *fuzzy* murah

$$\begin{aligned} \mu_{murah'}(9329,64) &= 1 - \mu_{murah}(9329,64), \forall x \in U \\ \mu_{murah'}(9329,64) &= 1 - 0,88 \\ \mu_{murah'}(9329,64) &= 0,12 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa komplemen derajat keanggotaan nilai tukar IDR/USD 9329,64 pada himpunan *fuzzy* murah adalah sebesar 0,12.

penggunaan himpunan yang tak memiliki himpunan samar (*fuzzy*) untuk menghitung derajat yang tak terbatas jumlahnya antara benar dan salah. Tidak seperti Logika Klasik, logika *fuzzy* memiliki banyak nilai. Tidak seperti elemen yang dikategorikan 100% ini atau itu, atau sebuah dalil yang menyatakan semuanya benar atau seluruhnya salah, *fuzzy* membaginya dalam derajat keanggotaan dan derajat kebenaran, yaitu sesuatu yang dapat menjadi sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. Telah dibuktikan bahwa Logika Klasik merupakan kejadian khusus dari Logika *Fuzzy* (Setiadjji, 2009).

Logika *fuzzy* merupakan perluasan dari logika klasik. Proposisi logika klasik hanya mengenal benar atau salah dengan proposisi nilai 0 atau 1. Sedangkan logika *fuzzy* menyamaratakan 2 nilai logika klasik dengan membiarkan proposisi nilai kebenaran pada interval [0,1] (Wang Li-Xing, 1997).

Lotfi Zadeh menyatakan bahwa integrasi logika *fuzzy* ke dalam sistem informasi dan rekayasa proses menghasilkan aplikasi seperti sistem kontrol, alat-alat rumah tangga, dan sistem pengambilan keputusan yang lebih fleksibel, mantap, dan canggih dibandingkan dengan sistem konvensional. Logika *fuzzy* memimpin dalam pengembangan kecerdasan mesin yang lebih tinggi. Produk-produk berikut telah menggunakan logika *fuzzy* dalam alat-alat rumah tangga,

F. Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (*proporsi*) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah (Sri Kusumadewi, 2002):

$$IF\ x\ is\ A\ THEN\ y\ is\ B \tag{2.19}$$

dengan *x* dan *y* adalah skalar, sedangkan *A* dan *B* adalah himpunan *fuzzy*. Proporsi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proporsi yang mengikuti THEN disebut konsekuen. Proporsi ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung *fuzzy*, seperti :

$$IF\ x_1\ is\ A_1\ \diamond\ x_2\ is\ A_2\ \diamond\ ... \diamond\ x_N\ is\ A_N\ then\ y\ is\ B \tag{2.20}$$

dengan  $\diamond$  adalah operator (misal : OR atau AND).

Secara umum, terdapat dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu (Sri Kusumadewi, 2002):

1. Min (*minimum*)

Fungsi min akan memotong *Output* himpunan *fuzzy*. Pengambilan keputusan fungsi ini, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke-*i* dan dapat dinyatakan dengan:

$$\alpha_i \cap \mu_{C_i}(Z) \tag{2.21}$$

dimana

$$\alpha_i = \mu_{A_i}\ x \cap \mu_{B_i}\ x = \min\{\mu_{A_i}\ x , \mu_{B_i}\ x \} \tag{2.22}$$

dengan

$\alpha_i$  : nilai minimum dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke-*i*

$\mu_{A_i}\ x$  : derajat keanggotaan *x* dari himpunan *fuzzy* A pada aturan ke-*i*

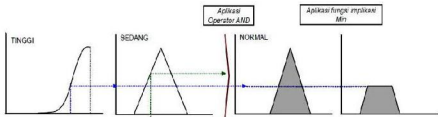
seperti mesin cuci, video dan kamera refleksi lensa tunggal, pendingin ruangan, oven, *microwave*, dan banyak sistem diagnosa mandiri.

Alasan digunakannya logika *fuzzy* antara lain (Sri Kusumadewi, 2003):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti dengan konsep matematis sebagai dasar dari penalaran *fuzzy* yang sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogen, dan kemudian ada beberapa data yang “eksklusif”, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para ahli secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan nama *Fuzzy Expert System* menjadi bagian terpenting.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

$\mu_{B_i}\ x$  : derajat keanggotaan *x* dari himpunan *fuzzy* B pada aturan ke-*i*

$\mu_{C_i}\ x$  : derajat keanggotaan konsekuen dari himpunan *fuzzy* C pada aturan ke-*i*



Gambar 2. 20 Penggunaan Fungsi Implikasi MIN (Sri Kusumadewi, 2003)

2. Dot (*product*)

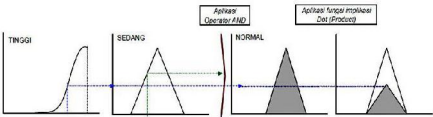
Fungsi dot akan menskala *output* himpunan *fuzzy*. Pengambilan keputusan dengan fungsi ini didasarkan pada aturan ke-*i*, dan dinyatakan sebagai berikut:

$$\alpha_i \cdot \mu_{C_i}(Z) \tag{2.23}$$

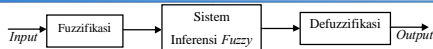
dengan

$\alpha_i$  : nilai minimum dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke-*i*

$\mu_{C_i}\ x$  : derajat keanggotaan konsekuen dari himpunan *fuzzy* C pada aturan ke-*i*



Gambar 2. 21 Penggunaan Fungsi Implikasi DOT(Sri Kusumadewi, 2003)



**Gambar 2. 22** Sistem *Fuzzy* (Li-Xin Wang, 1997)

Menurut Wang (1997), sistem *fuzzy* terdiri dari 3 tahapan, yaitu :

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahap pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan (*input*) yang berupa derajat keanggotaan. Sehingga, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

2. Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai berikut :

*IF anteseden THEN konsekuen*

3. Defuzzifikasi

*Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range*

50

telah dievaluasi maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang menggambarkan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf} \ x_i \leftarrow \max(\mu_{sf} \ x_i \ , \mu_{kf} \ x_i \ ) \quad (2.24)$$

dengan

$\mu_{sf} \ x_i$  : derajat keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf} \ x_i$  : derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i.

2) Metode *additive* (sum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf} \ x_i \leftarrow \min(1, \mu_{sf} \ x_i \ + \ \mu_{kf} \ x_i \ ) \quad (2.25)$$

dengan

$\mu_{sf} \ x_i$  : derajat keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf} \ x_i$  : derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

3) Metode probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *Output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf} \ x_i \leftarrow \mu_{sf} \ x_i \ + \ \mu_{kf} \ x_i \ \text{ -- } (\mu_{sf} \ x_i \ * \ \mu_{kf} \ x_i \ ) \quad (2.26)$$

dengan

$\mu_{sf} \ x_i$  : derajat keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf} \ x_i$  : derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i.

52

tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

## H. Sistem Inferensi *Fuzzy*

Ada beberapa metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang biasa digunakan,yaitu:

1. Metode Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Pada sistem ini untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahap, antara lain (Sri Kusumadewi, 2003):

a. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode Mamdani, variabel *input* dan variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

b. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

c. Komposisi aturan

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu :

1) Metode max (maksimum)

Pada metode max solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan yang kemudian digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR* (union/gabungan). Jika semua proposisi

51

d. Defuzzifikasi (Penegasan)

Terdapat beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani (Setiadji, 2009) :

1) Metode *Centroid*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (*z\**) daerah *fuzzy*, secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int \limits_z z \mu \ z \ dz}{\int \limits_z \mu \ z \ dz}, \text{ untuk semesta kontinu} \quad (2.27)$$

$$z^* = \frac{\sum \limits_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum \limits_{j=1}^n \mu(z_j)}, \text{ untuk semesta diskret} \quad (2.28)$$

2) Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int \limits_{z_1}^p \mu \ z \ dz = \frac{\sum \limits_p \mu \ z \ dz}{2}$$

3) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotan maksimum.

53



Metode Sugeno hampir sama dengan metode Mamdani, hanya saja metode

ini mempunyai konsekuensi bukan merupakan himpunan *fuzzy* melainkan berupa konstanta atau persamaan linear dengan variabel-variabel yang disesuaikan dengan variabel *input* nya. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Metode Sugeno mempunyai 2 macam model, yaitu (Sri Kusumadewi, 2003:194):

#### a. Model Sugeno orde nol

Secara umum bentuk Model Sugeno orde nol adalah

$$\text{if } x_1 \text{ is } A_1 \diamond x_2 \text{ is } A_2 \diamond \dots \diamond x_i \text{ is } A_i \text{ then } z = k \quad (2.29)$$

dengan

$A_i$  : himpunan *fuzzy* ke- $i$  pada variabel  $x_i$  sebagai anteseden

$k$  : konstanta tegas sebagai konsekuensi

$\diamond$  : operator *fuzzy*

#### b. Model Sugeno orde satu

Secara umum bentuk model *fuzzy* sugeno orde satu adalah

$$\text{if } x_1 \text{ is } A_1 \diamond x_2 \text{ is } A_2 \diamond \dots \diamond x_i \text{ is } A_i \text{ then } z = p_1 x_1 + \dots + p_i x_i + q \quad (2.30)$$

dengan

$A_i$  : himpunan *fuzzy* ke- $i$  pada variabel  $x_i$  sebagai anteseden

$p_i$  : konstanta tegas ke- $i$  pada variabel  $x_i$

Langkah-langkah pembentukan model dekomposisi *Wavelet* dengan sistem

*fuzzy* model Mamdani adalah sebagai berikut:

#### 1. Proses transformasi data

Transformasi data menggunakan *Wavelet mother Haar* dengan menggunakan DWT pada data sebenarnya. Data nilai tukar sebenarnya didekomposisikan ke beberapa banyaknya DWs (*Discrete Wavelet series*) tertentu yang masing-masing mempunyai korelasi berbeda terhadap data sebenarnya. Sehingga perlu dicari DWs yang signifikan. DWs yang signifikan diperoleh berdasarkan besarnya nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi akan memberikan informasi terhadap DWs yang dipilih dengan data sebenarnya tentang pemilihan model *input*. Nilai koefisien ( $r$ ) terbagi menjadi 4 kategori, diantaranya sangat kurang ( $r < 0.25$ ), kurang ( $0.25 \leq r < 0.5$ ), baik ( $0.5 \leq r < 0.75$ ), sangat baik ( $0.75 \leq r \leq 1$ ). Ditentukan  $r \geq 0.5$  sebagai korelasi yang signifikan antara data DWs dengan data sebenarnya. Hasil penjumlahan dari beberapa DWs yang signifikan tersebut berdasarkan nilai korelasi yang diperoleh akan digunakan sebagai *input* model prediksi.

#### 2. Penentuan banyaknya *Input*

Banyaknya *input* dalam model ini ditentukan oleh banyaknya lag yang keluar melebihi batas garis signifikansi pada *Autocorrelation Function* (ACF) atau fungsi autokorelasi. Nilai korelasi dinyatakan oleh koefisien yang nilai bervariasi antara 1 sampai dengan -1. Nilai koefisien tersebut menyatakan perubahan yang terjadi pada suatu variabel jika terjadi perubahan pada variabel lainnya. Notasi fungsi  $r_k$  (Hanke dan Winchem, 2005):

$q$ : konstanta tegas sebagai konsekuensi

$\diamond$ : operator *fuzzy*

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai tegas sebagai *output* dilakukan dengan proses agregasi dan defuzzifikasi dengan mencari nilai rata-ratanya.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (2.31)$$

dengan,

$z$ : nilai *output*

$\alpha_i$ : nilai  $\alpha$  predikat untuk aturan ke- $i$

$z_i$ : nilai *output* untuk aturan ke- $i$

#### 3. Metode Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang bentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (Sri Kusumadewi, 2003).

#### 1. Model *Fuzzy Wavelet*

Model *Fuzzy Wavelet* merupakan model *fuzzy* dengan *preprocessing* data menggunakan transformasi *Wavelet*. Transformasi *Wavelet* bertujuan untuk mengubah data dengan domain waktu menjadi domain frekuensi. Data tersebut terbentuk menjadi beberapa data hasil dekomposisi. Data dekomposisi *Wavelet* digunakan sebagai *Input* dari sistem *fuzzy*.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^n Y_{t+1+k} Y_t - Y_{t-k} Y_t}{\sum_{t=1}^n Y_{t-k}^2 - Y_t^2} \quad (2.32)$$

dengan

$k$  : 0, 1, 2, ...,  $n$

$Y_t$  : data ke- $t$

$Y$  : data yang sebenarnya

$n$  : banyaknya data

#### 3. Proses fuzzifikasi

Pada tahap ini mengambil nilai-nilai *input* dalam himpunan tegas kemudian menentukan derajat keanggotaan dalam semua himpunan *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan masing-masing himpunan *fuzzy*.

#### 4. Penentuan aturan *fuzzy*

Aturan *fuzzy* yang dibentuk pada model ini berdasarkan data yang akan diprediksi. Aturan *fuzzy* dinyatakan dalam fungsi implikasi. Implikasi bertujuan untuk mendapatkan keluaran sebuah aturan IF-THEN berdasarkan derajat keanggotaan pada *Input*. Implikasi akan mengubah bentuk himpunan *fuzzy* keluaran yang dihasilkan.

#### 5. Proses inferensi *fuzzy*

Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada beberapa metode inferensi yang dapat digunakan, seperti yang dijelaskan pada teori sebelumnya. Pada model ini metode yang digunakan yaitu metode Mamdani.

#### 6. Proses defuzzifikasi

Defuzzifikasi bertujuan mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi



Brown dengan parameter satu. Pada metode ini proses penentuan ramalan dimulai dengan menentukan besarnya alpha secara *trial* dan *error*. Sedangkan tahap-tahap dalam menentukan ramalan adalah sebagai berikut (Makridakis, 1999):

1. Menentukan nilai *smoothing* pertama ( $S'_t$ )

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2.33)$$

dengan

$S'_t$  : nilai *single exponential smoothing* periode ke-t

$X_t$  : nilai *actual* pada periode ke-t

$S'_{t-1}$  : nilai *single exponential smoothing* periode ke-t-1

$\alpha$  : nilai parameter

2. Menentukan nilai *smoothing* kedua ( $S''_t$ )

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2.34)$$

$S''_t$  : nilai *double exponential smoothing* periode ke-t

$S''_{t-1}$  : nilai *double exponential smoothing* periode ke-t-1

3. Menentukan nilai konstanta ( $\alpha_t$ )

$$\alpha_t = S'_t + S'_t - S''_t = 2S'_t - S''_t \quad (2.35)$$

4. Menentukan nilai *slope* ( $b_t$ )

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} S'_t - S''_t \quad (2.36)$$

58

dengan

$\gamma$  : konstanta pemulusan untuk estimasi *trend*

3. Ramalan pada periode  $m$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \quad (2.40)$$

dengan

$m$  : periode ke depan yang akan diramalkan

$F$  : nilai prediksi

Nilai  $S'_{t-1}$  dan  $S''_{t-1}$  harus tersedia untuk dapat menggunakan persamaan diatas. Tetapi pada saat  $t=1$  nilai tersebut tidak tersedia. Karena nilai-nilai itu harus ditentukan di awal periode, untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan menetapkan  $S'_1$  dan  $S''_1$  sama dengan nilai  $x_1$  (data aktual) (Makridakis, dkk, 1999). Model *Double Exponential Smoothing* biasanya digunakan untuk meramalkan data yang mempunyai *trend* (John E. Hanke, 2005).

#### K. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan salah satu metode yang tepat untuk mengatasi sesuatu hal yang berhubungan dengan deret waktu dan situasi prediksi lainnya. Metode ARIMA terdiri atas beberapa model (Makridakis, dkk, 1999) yaitu :

1. Model *Autoregressive* (AR)

Bentuk umum model *autoregressive* dengan orde  $p$  atau AR( $p$ ) atau ARIMA( $p,0,0$ ) adalah sebagai berikut :

$$Y_t = \mu' + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (2.41)$$

60

5. Menentukan nilai prediksi

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.37)$$

dengan

$m$  : periode ke depan yang akan diramalkan

$F$  : nilai prediksi

Metode pemulusan ganda yang lain yaitu Metode dua parameter Holt dalam prediksi data runtut waktu yang mengikuti *trend linear*. Pada prinsipnya metode ini serupa dengan Brown, namun Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memuluskan nilai *trend* dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret asli. Metode ini menggunakan dua konstanta pemulusan (dengan nilai antara 0 dan 1) dan tiga persamaan sebagai berikut (Makridakis, 1999):

1. Rangkaian pemulusan eksponensial

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.38)$$

dengan

$S_t$  : nilai *double exponential smoothing* pada periode ke-t

$S_{t-1}$  : nilai *double exponential smoothing* pada periode ke-t-1

$X_t$  : nilai *actual* pada periode ke-t

$\alpha$  : konstanta pemulusan untuk data

$b_{t-1}$  : estimasi *trend*

2. Estimasi *trend*

$$b_t = \gamma S_t - S_{t-1} + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad (2.39)$$

59

dengan

$\mu'$  : konstanta

$Y_{t-p}$  : nilai pengamatan periode t-p

$\phi_1$  : parameter *autoregressive* ke p

$e_t$  : nilai kesalahan pada saat t

2. Model *Moving Average* (MA)

Bentuk umum model *moving average* dengan orde q atau MA(q) atau ARIMA(0,0,q) adalah sebagai berikut :

$$Y_t = \mu' - e_t - \phi_1 e_{t-1} - \phi_2 e_{t-2} - \dots - \phi_q e_{t-q} \quad (2.42)$$

3. Model Campuran *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Bentuk umum model ARIMA( $p,0,q$ ) adalah sebagai berikut :

$$Y_t = \mu' + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \phi_1 e_{t-1} - \phi_2 e_{t-2} - \dots - \phi_q e_{t-q} \quad (2.43)$$

Adapun tahapan pemodelan ARIMA sebagai berikut (John E. Hanke, 2005):

1. Pengujian kestasioneran data

Stasioneritas berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang drastis pada data. Fluktuasi data berada disekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut (Makridakis, 1999). Apabila data tidak stasioner, maka perlu dilakukan modifikasi untuk menghasilkan data yang stasioner. Salah satu cara yang bias dipakai adalah metode pembedaan (*differencing*). Proses *differencing* dapat dilakukan untuk beberapa periode sampai data stasioner, yaitu dengan cara mengurangkan

61

yang akan urutannya akan dengan menggunakan fungsi Autokorelasi atau *Autocorrelation Function (ACF)* dan fungsi Autokorelasi parsial atau *Partial Autocorrelation Function (PACF)*.

**Tabel 2. 2** Identifikasi ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
AR(p)	Turun ( <i>dies down</i> )	Terpotong ( <i>cut-off</i> ) setelah lag ke-p
MA(q)	Terpotong ( <i>cut-off</i> ) setelah lag ke-q	Turun ( <i>dies down</i> )
ARMA(p,q)	Turun ( <i>dies down</i> )	Turun ( <i>dies down</i> )
AR(p) atau MA(q)	Terpotong ( <i>cut-off</i> ) setelah lag ke-q	Terpotong ( <i>cut-off</i> ) setelah lag ke-p

3. Estimasi parameter model sementara

Langkah berikutnya setelah menetapkan model sementara adalah estimasi parameter model. Salah satu metode yang digunakan yaitu *maximum likelihood*, untuk menduga parameter model *ARIMA* yaitu dan  $\theta$ . Untuk fungsi *likelihood* nilai-nilai parameter yang memaksimalkan nilai fungsi *likelihood* disebut dugaan *maximum likelihood*.

4. Verifikasi model

Verifikasi model dapat dilakukan dengan mengamati apakah residual dari model terestimasi merupakan proses *white noise* atau tidak. Model dikatakan

memadai jika asumsi dari *error* memenuhi proses *white noise* dan berdistribusi normal. Apabila dijumpai penyimpangan yang cukup serius maka harus dirumuskan kembali model yang baru, selanjutnya diestimasi dan dilakukan pemeriksaan kembali.

5. Prediksi

Menurut Wei (2006), tujuan yang paling penting pada analisis *time series* adalah untuk meramalkan nilai masa depan. Jika semua tahap telah dilakukan dan diperoleh model maka selanjutnya model tersebut dapat digunakan untuk data periode selanjutnya.

**L. Pengukuran Kesalahan Prediksi**

Hasil prediksi yang akurat adalah prediksi yang memiliki tingkat kesalahan (*error*) yang minimal. Beberapa metode lebih ditentukan untuk meringkas kesalahan yang dihasilkan oleh fakta (keterangan) pada teknik peramalan. Sebagian besar dari pengukuran ini melibatkan rata-rata beberapa fungsi dari perbedaan antara nilai aktual dan nilai peramalannya. Perbedaan antara nilai observasi dan nilai ramalan ini sering dimaksud sebagai residual. Beberapa metode untuk menghitung kesalahan peramalan adalah sebagai berikut (John E. Hanke, 2005):

1. MSE (*Mean Squared Error*)

MSE (*Mean Squared Error*) adalah rata-rata kesalahan memprediksi yang dikuadratkan. Metode ini menghitung kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. MSE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - Y_t)^2 \tag{2.44}$$

2. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah nilai tengah kesalahan persentase *absolute* dari suatu peramalan. Metode ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasi seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata pada deret. Metode MAPE digunakan jika nilai  $Y_t$  besar. MAPE juga dapat digunakan untuk membandingkan ketepatan dari teknik yang sama atau berbeda dalam dua deret yang sangat berbeda dan mengukur ketepatan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan. MAPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \tag{2.45}$$

3. MAD (*Mean Squared Error*)

MAD (*Mean Squared Error*) adalah mengukur ketepatan prediksi dengan merata-rata kesalahan dugaan. MAD paling berguna ketika orang yang menganalisa ingin mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. MAD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \tag{2.46}$$

4. MPE (*Mean Percentage Error*)

MPE (*Mean Percentage Error*) dihitung dengan mencari kesalahan pada tiap periode dibagi dengan nilai nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata

kesalahan persentase ini. Jika pendekatan peramalan tak biasa, MPE akan menghasilkan angka yang mendekati nol. Jika hasilnya mempunyai presentase negatif yang besar, metode peramalannya dapat dihitung. Jika hasilnya mempunyai persentase positif yang besar, metode peramalan tidak dapat dihitung. MPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \tag{2.47}$$

dengan

n : banyaknya data

$Y_t$ : nilai data pada periode ke-t

$\hat{Y}_t$ : nilai prediksi pada periode ke-t



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features

pada Pergerakan Nilai Tukar Mata Uang dengan Pendekatan Copula. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1(1).

Ansori, Rizki. (2010). Analisis Pengaruh Tingkat Inflasi, SBI, Jumlah Uang Beredar, dan Tingkat Pendapatan terhadap Nilai Tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika. *Skripsi*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Anwary, Ahmad Amiruddin. (2011). Prediksi Kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series*. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Diponegoro.

Bagus K, Ida, & I Gede Pasek Suta Wijaya. (2006). Pencarian Citra Menggunakan Metode Transformasi *Wavelet* dan Metrika Histogram Terurut. *Jurnal Teknik Elektro*.6(1).

Chairany, Mima, Winahju, Wiwiek Setya, & Adatul Mukarromah. (2013). Contagions Effect Kurs 5 Negara ASEAN Menggunakan *Vector Autoregressive (VAR)*. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 2(1).

Chui, Charles K. (1992). *An Introduction to Wavelets*. New York : Academic Press.

Darmawi, Herman. (2006). *Pasar Finansial dan Lembaga-Lembaga Finansial*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

Dewi, Nariswari Setya, Winita Sulandari, & Supriyadi Wibowo. (2012). Pemodelan Nilai Tukar Dollar terhadap Rupiah Menggunakan *Neural Network Ensemble (NNE)*. *Prosiding, Seminar Nasional Matematika*.

Diebold, Francis X., & Marc Nerlove. (2006). *The Dynamics of Exchange Rate Volatility: A Multivariate Latent Factor ARCH Model*. *Journal of Econometrics*. 4(1).

Elvitra, Cindy Wahyu. (2013). Metode Prediksi dengan Menggunakan Model Volatilitas *Asymmetric Power ARCH (APARCH)* (Studi Kasus: *Return Kurs Mata Uang Rupiah terhadap Dollar*. *Skripsi*. Universitas Diponegoro.

Kusumadewi, Sri . (2003). *Artificial Intelligent Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Leung, Mark T. (1999). *Forecasting Exchange Rate Using General Regression Neural Networks*. *Computers and Operations Research*. Elsevier. 27. Hlm.11-12.

Liliana, Dewi Yanti, Rahman, Arif, Muh., & Solimun. (2013). Deteksi Wajah Manusia pada Citra Menggunakan Dekomposisi Forier. *Journal of Scientific Modeling & Computation*. 1(1)

Li Xiaoli, Shiu Kit Tso, & Jun Wang. (2000). *Real-Time Tool Condition Monitoring Using Wavelet Transforms and Fuzzy Techniques*. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics*. 30(III).

Makridakis, Spyros. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta : Erlangga.

Mittnik, Stefan, & Marc S. Paoletta. (2000). *Conditional Density and Value at Risk Prediction of Asian Currency Exchange Rates*. *Journal of Forecasting*. 19. Hlm.313-333.

Mukhlis, Imam. (2011). Analisis Volatilitas Nilai Tukar Mata Uang Rupiah terhadap Dollar. *Journal of Indonesian Applied Economics*. 5(II). Hlm.172-182.

Nofendi, Eko. (2012). Analisis Peramalan Nilai Tukar Mata Uang dengan Metode *Fuzzy Time Series* Berbasiskan Komputer. *Skripsi*. Universitas Bina Nusantara.

Nurhayati, Atik, Darnah A. Nohe, & Syaripuddin. (2013). Peramalan Menggunakan Model ARIMA Musiman dan Verifikasi Hasil Peramalan dengan Grafik Pengendali *Moving Range*. *Jurnal Eksponensial*. 4(1).

Panjaitan, Lukas, Tarigan, Gim, & Pengarepan Bangun. (2013). Peramalan Hasil Produksi Aluminium Batangan pada PT Inalum dengan Metode ARIMA. *Saintia Matematika*. 1(1). Hlm. 1-10.

Partal, Turgay., & Kisi, Ozgur. (2007). *Wavelet and neuro-fuzzy conjunction model for precipitation forecasting*. *Journal of Hydrology*. 342. Hlm. 199–212.

Popola, Ademola Olayemi. (2007). *Fuzzy Wavelet Method for Time Series Analysis*. *Department of Computing School of Electronics and Physical Sciences*. *Disertasi*. University of Surrey.

Serepka, Roska. (2012). *Analyzing and Modelling Exchange Rate Data Using VAR Homework*. *Thesis*. Royal Institute of Technology.

Halim, Siana, Rahardjo, Jani, & Shirley Adelia. (1999). Model Matematik untuk Menentukan Nilai Tukar Mata Uang Rupiah terhadap Dollar Matematika. *Jurnal Teknik Industri*. 1(1). Hlm.30-40.

Halim, Siana, & Adrian Michael Wibisono. (2000). Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Peramalan. *Jurnal Teknik Industri*. 2(II). Hlm. 106-114.

Handayani, Dian Tri, & Agus Maman Abadi. (2012). Penggunaan Model *Neuro Fuzzy* untuk Prediksi Nilai Tukar Rupiah terhadap Yen Jepang. *Prosiding, Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA UNY*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

Hanke, John E., & Wichern, Dean W. (2005). *Business Forecasting*. 8th Edition. New York: Prentice Hall.

Hardyanti, Yulia Sukma. (2007). Pemodelan dan Prediksi Data Nilai Tukar Mata Uang Dollar Amerika Serikat Terhadap Yen Jepang dan Euro terhadap Dollar Amerika Serikat dalam ARCH, GARCH, dan TARCH. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Heil, Christopher E., & David F. Walnut. (1989). *Continuous and Discrete Wavelet Transforms* : *SIAM Rev*, 31(4), 628–666.

Istiqomah. (2006). Aplikasi Model ARIMA untuk *Forecasting* Produksi Gula pada PT Perkebunan Nusantara IX (PERSERO). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.

Jatra, Angga Prayuda, Darnah A. Nohe & Syaripuddin. (2013). Peramalan Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda dengan Metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown. *Jurnal Eksponensial*. 4(1).

Karatepe, Engin, & Musa Alci. (2005). *A New Approach to Fuzzy Wavelet System Modeling*. *International Journal of Approximate Reasoning Elsevier*.40. Hlm.302-322.

Kasmir. (2008). *Bank dan Lembaga Keuangan Lainnya*. Jakarta : PT Raja Grafindo Perada.

Klir, George J., & Bon Juan. (1997). *Fuzzy Set Theory Foundation and Application*. USA: Prentice Hall International, Inc.

Kratmuller, Martin. (2010). *Combining Fuzzy/Wavelet Adaptive Error Tracking Control Design*. *Acta Polytechnica Hungaria*. 7(IV).

Kusumadewi, Sri . (2002). *Analisis Desain Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Setiadji. (2009). *Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*.Yogyakarta : Graha Ilmu.

Setiaji, Agung. (2014). Aplikasi Model *Wavelet-Neuro-Fuzzy* untuk Memprediksi Nilai Tukar EURO terhadap Dollar Amerika. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNY.

Sianipar, Rismon H., & Sri Muliani W.J. (2003). Kompresi Citra Digital Berbasis *Wavelet*: Tinjauan PSNR dan Laju Bit. *Jurnal Informatika*. 4(II).

Sudjana. (1996). *Metode Statistika*. Bandung: PT. Tarsito.

Triyono. (2008). Analisis Perubahan Kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 9(II). Hlm.156-167.

Vlaar, Peter J.G., & Franz C.Palm. (1993). *The Message in Weekly Exchange Rates in the European Monetary System : Mean Reservation, Conditional Heteroscedasticity, and Jumps*. *Journal Business and Economics Statistics*. 11(III).

Wang, L.X. (1997). *A Course in Fuzzy System and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.

Wardhani, Rakhmatika Sri. (2014). Aplikasi Sistem *Fuzzy* untuk Diagnosa Penyakit Jantung Koroner (*Coronary Heart Disease*). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNY.

Warsito, Budi, Subanar, & Abdurakhman. (2013). Pemodelan *Time Series* dengan *Maximal Overlap Discrete Wavelet Transfom*. *Prosiding, Seminar Nasional Statistika*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Wei, William W.S. (2006). *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. New York: Pearson Education, Inc.

Widiarta, Ida Bagus K., & I Gede Pasek Suta Wijaya. (2006). Pencarian Citra Menggunakan Metode Transformasi *Wavelet* dan Metrika Histogram Terurut. *Jurnal Teknik Elektro*. 6(1). Hlm. 46-53.

Wijaya, I Gede Pasek Suta, & Bulkis Kanata. (2004). Pengenalan Citra Sidik Jari Berbasis Transformasi *Wavelet* dan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Teknik Elektro*. 4(1). Hlm. 46-52.

Wijayakusuma, Intan. (2012). Model Nilai Tukar Dollar Singapura terhadap Rupiah Menggunakan Markov *Switching ARCH*. *Prosiding, Seminar Nasional Matematika*.



PDF

Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)